

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002071315 A

(43) Date of publication of application: 08.03.02

(51) Int. Cl. G01B 11/00
G03B 21/00

(21) Application number: 2000268189

(71) Applicant: NEC CORP

(22) Date of filing: 05.09.00

(72) Inventor: NAKAMURA NOBUTATSU

(54) PROJECTION PLANAR MEASURING SYSTEM

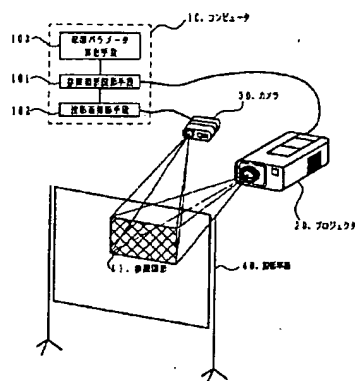
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a system for measuring the arrangement of a projection plane to be used for correcting a projector image, without the need for camera or projector calibration.

SOLUTION: The projection planar measuring system is constituted of a computer 10 operated under program control, a projector 20, a camera 30, and the projection plane 40. The computer 10 includes a reference diagram projecting means 101, a projection plane image pickup means 102, an arrangement parameter computing means 103, and a projected image correcting means 104. In the reference diagram projecting means 101, an image corresponding to a reference diagram to be projected by the projector 20 is created, and the image is inputted to the projector 20. In the projection planar image pickup means 102, the reference diagram projected to the projection plane is picked up by the camera 30 and is captured as image data in the computer 10. In the arrangement parameter computing means 103, the reference point coordinates of the reference diagram are extracted from the image data through the use of image processing, and the arrangement of the projection plane is computed from the relation between the coordinates of the reference point in the projected image and the

coordinates in the pickup-up image. A correction parameter for the projected image of the projector is obtained from the arrangement of the projection plane, and the projected image is corrected.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-71315

(P2002-71315A)

(43) 公開日 平成14年3月8日 (2002.3.8)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H 2 F 0 6 5
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-268189 (P2000-268189)

(22) 出願日 平成12年9月5日 (2000.9.5)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 中村 暢達

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100070530

弁理士 畑 泰之

Fターム (参考) 2F065 AA03 BB01 EE08 FF04 JJ26

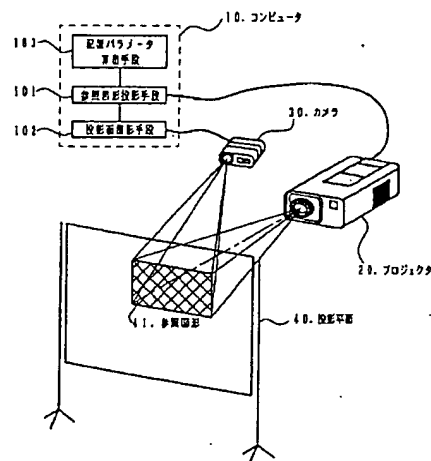
QQ31 RR06 UU01 UU05

(54) 【発明の名称】 投影平面計測システム

(57) 【要約】

【課題】 カメラおよびプロジェクタキャリブレーション不要で、プロジェクタ映像補正に使われる投影平面の配置を計測するシステムを提供する。

【解決手段】 プログラム制御により動作するコンピュータ10と、プロジェクタ20と、カメラ30と、投影平面40とから構成され、コンピュータ10は、参照図形投影手段101と、投影平面撮影手段102と、配置パラメータ算出手段103と、投影画像補正手段104とを含む。参照図形投影手段101では、プロジェクタ20より投影する参照図形に対応した画像を生成し、その画像をプロジェクタ20へ入力する。投影平面撮影手段102では、投影平面に投影された参照図形をカメラ30で撮影した画像データとしてコンピュータ10に取り込む。配置パラメータ算出手段103では、前述の画像データから、画像処理を用いて、参照図形の参照点座標を抽出し、その参照点の投影画像中の座標と撮影画像中の座標との関係から、投影平面の配置を算出する。求めた投影平面配置から、プロジェクタの投影映像の補正パラメータを求めて、投影映像を補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面とから構成され、前記コンピュータは、参照図形を出力する手段と、前記投影平面上に投影された前記参照図形を撮影する手段と、投影した図形の座標と撮影した図形の座標との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを備えたことを特徴とする投影平面計測システム。

【請求項2】 プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより予め決めた座標の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点を前記カメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、4つ以上の前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とする投影平面計測システム。

【請求項3】 プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより予め定められた4つ以上の m 個の異なる座標の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点をカメラで撮影し、 n 回目の投影で、 $(m-1)$ 番目の点を2進数表現したときの n ビット目が1のときに投影し、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係を求め、その関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とする投影平面計測システム。

【請求項4】 プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより4つ以上の異なる座標で異なる色の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点をカメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とする投影平面計測システム。

【請求項5】 プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより4つ以上の異なる中心座標で異なる形状の重ならない図形を投影し、前記投影平面上に投影された前記図形を前記カメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とする投影平面計測システム。

【請求項6】 前記投影平面の配置から投影画像を補正する手段を更に備えたことを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の投影平面計測システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、投影平面計測システムに係わり、特に、投影平面の配置に応じてプロジェクタの映像歪み補正パラメータを調整するために、投影平面に投影された参照図形をカメラで撮影することで、プロジェクタの配置を計測する投影平面計測システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の三次元計測方法の一例が、特開平8-29136号公報に記載されている。図6に示すように、この従来の三次元計測方法は、左右のCCDカメラ1R、1Lとパターン投光器2とにより構成され、対象物を含むパターン光を照射して表れる複数の切断線につき、一方のカメラ中心と一本の切断線とを含む複数の観測平面と、他方のカメラ中心と一本の切断線ごとに観測平面と観測視線との交点座標値を求め、複数の交点座標値より、一平面の平面方程式を求めている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 第1の問題点は、カメラキャリブレーションを必要としているということである。その理由は、対象物の計測前に、プロジェクタキャリブレーションを行う必要はないが、カメラに関しては、既知の三次元座標座標値を持つ格子模様を撮影するなどして、カメラパラメータを計測し、それらの位置関係を求めておく必要があるためである。

【0004】 第2の問題点は、カメラを複数使うため、設置に手間がかかるということである。その理由は、両眼立体視法を使っているため、どうしても複数のカメラを必要としているからである。

【発明の目的】 本発明の目的は、上記した従来技術の欠点を改良し、特に、カメラおよびプロジェクタのキャリブレーション不要で、プロジェクタ映像補正などに使われる投影平面の配置を計測する新規な投影平面計測システムを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は上述した目的を達成するため、基本的には、以下に記載されたような技術構成を採用するものである。

【0006】 即ち、本発明に係わる投影平面計測システムの第1態様は、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面とから構成され、前記コンピュータは、参照図形を出力する手段と、前記投影平面上に投影された前記参照図形を撮影する手段と、投影した図形の座標と撮影した図形の座標との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを備えたことを特徴とするものであり、

【0007】 又、第2態様は、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投

影平面と、前記プロジェクタより予め決めた座標の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点を前記カメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、4つ以上の前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、

【0008】又、第3態様は、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより予め定められた4つ以上の m 個の異なる座標の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点をカメラで撮影し、 n 回目の投影で、 $(m-1)$ 番目の点を2進数表現したときの n ビット目が1のときに投影し、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係を求め、その関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、又、第4態様は、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより4つ以上の異なる座標で異なる色の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点をカメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、

【0009】又、第5態様は、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより4つ以上の異なる中心座標で異なる形状の重なりのない図形を投影し、前記投影平面上に投影された前記図形を前記カメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、

【0010】又、第6態様は、前記投影平面の配置から投影画像を補正する手段を更に備えたことを特徴とするものである。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の投影平面計測システムは、プロジェクタより参照図形を投影平面に投影する手段と、投影された映像をカメラで撮影する手段とを備え、投影平面上の参照点を画像処理によって抽出・計測することで計測座標値を求め、投影座標値と計測座標値の関係から、投影平面のプロジェクタに対する位置関係を検出する。このような構成を採用することで、カメラおよびプロジェクタのキャリブレーションを不要とすることにより、本発明の目的を達成することができる。

【実施例】次に、本発明の投影平面計測システムの具体

例を図面を参照して詳細に説明する。

（第1の具体例）図1は第1の具体例の構成を示す図、図2は、第1の具体例の動作を示すフローチャートである。

【0012】第1の具体例は、図1に示すように、プログラム制御により動作するコンピュータ（中央処理装置：プロセッサ；データ処理装置）10と、プロジェクタ（投影機、投光装置）20と、カメラ30、投影平面（スクリーン）40とから構成されている。コンピュータ10は、参照図形投影手段101と、投影平面撮影手段102と、配置パラメータ算出手段103とを含む。

【0013】これらの手段は、それぞれ概略つぎのように動作する。

【0014】参照図形投影手段101では、プロジェクタ20より投影する参照図形に対応した画像を生成し、この生成した画像をプロジェクタ20へ入力する。投影平面撮影手段102では、投影平面40に投影された参照図形41をカメラ30で撮影した画像データとしてコンピュータ10に取り込む。配置パラメータ算出手段103では、前述の画像データから、画像処理を用いて、参照図形41の参照点の座標を抽出し、その参照点の投影画像中の座標と撮影画像中の座標との関係から、プロジェクタ20、カメラ30、投影平面40の配置を算出する。

【0015】次に、図1及び図2のフローチャートを参照して、本発明の投影平面計測システムの動作について詳細に説明する。

【0016】まず、プロジェクタ20より投影する参照図形41の画像を生成し、この参照図形41をプロジェクタ20に出力する（ステップS110）。参照図形41は、同一直線上にない4つの参照点があり、後述の画像処理で抽出できる図形であればよい。

【0017】次に、投影平面40に表示された投影図形をカメラ30で撮影し、その画像データを取り込む（ステップS120）。前述の画像データを画像処理することで、投影された参照図形41から参照点となる4点を抽出する（ステップS130）。4点の投影点座標と、4点の計測点座標との関係の求め方については、各1点ごとに投影、撮影を繰り返す手法や、全部の点を投影し撮影、0番目、2番目の点を投影し撮影、0、1番目の点を投影し撮影、といったコード法や、点の色や明度による識別、点の形状による識別等、様々な手法を用いることができる。

【0018】次に、この4点の投影点座標 (A_n, B_n) （ $n=0, 1, 2, 3$ ）と、それに対応する4点の計測点座標 (U_n, V_n) （ $n=0, 1, 2, 3$ ）を使って、方程式を生成する（ステップS140）。プロジェクタ20の光学系を透視変換モデルに近似し、その焦点距離を F_p とすると、投影点座標 (A_n, B_n) に対応する投影空間座標は、あるパラメータ P_n を使って

(4)

($P_n A_n, P_n B_n, P_n F_p$)と表される。同様に、カメラ30の光学系を透視変換モデルに近似し、その焦点距離を F_c とすると、計測点座標(U_n, V_n)に対応する撮影空間座標は、あるパラメータ Q_n を使って($Q_n U_n, Q_n V_n, Q_n F_c$)と表される。

【0019】投影空間座標もしくは撮影空間座標においては、各座標は投影平面上に位置し、同一平面上にある

$$\begin{aligned} P_3 A_3 - P_0 A_0 &= S (P_1 A_1 - P_0 A_0) + T (P_2 A_2 - P_0 A_0) \\ P_3 B_3 - P_0 B_0 &= S (P_1 B_1 - P_0 B_0) + T (P_2 B_2 - P_0 B_0) \quad \dots (1) \\ P_3 - P_0 &= S (P_1 - P_0) + T (P_2 - P_0) \end{aligned}$$

ことになるので、ある点から点へのベクトルは、投影平面上のある2つのベクトルの和として表現される。つまり、 S, T をパラメータとし、以下の式(1)のようにパラメータ表現できる。

【0020】

【数1】

【0021】 S, T を消去することで、以下の式(2)が導かれる。

$$\begin{aligned} & (P_1 A_1 - P_0 A_0) (P_2 B_2 - P_0 B_0) - (P_1 B_1 - P_0 B_0) (P_2 A_2 - P_0 A_0) (P_3 - P_0) \\ & - ((P_3 A_3 - P_0 A_0) (P_2 B_2 - P_0 B_0) - (P_3 B_3 - P_0 B_0) (P_2 A_2 - P_0 A_0)) (P_1 - P_0) \dots (2) \\ & + ((P_3 A_3 - P_0 A_0) (P_1 B_1 - P_0 B_0) - (P_3 B_3 - P_0 B_0) (P_1 A_1 - P_0 A_0)) (P_2 - P_0) = 0 \end{aligned}$$

【0022】

【数2】

【0023】更に、投影空間座標から撮影空間座標への座標変換は、回転行列 R を使って、以下の式(3)のように表せる。

【0024】

【数3】

$$\begin{bmatrix} P_n A_n - P_0 A_0 \\ P_n B_n - P_0 B_0 \\ (P_n - P_0) F_p \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} Q_n U_n - Q_0 U_0 \\ Q_n V_n - Q_0 V_0 \\ (Q_n - Q_0) F_c \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

【0025】この回転行列 R は、光軸(Z 軸)まわりの回転がないとすれば、その他の軸まわりの回転に関する2つのパラメータで表現できる。以下の式(4)は、 X 軸まわりの回転を θ 、 Y 軸回りの回転を ω として、回転行列 R を表している。

【0026】

【数4】

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ \sin \omega \sin \theta & \cos \omega & -\sin \omega \cos \theta \\ -\cos \omega \sin \theta & \sin \omega & \cos \omega \cos \theta \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

【0027】式(2)と、式(3) ($n=1, 2, 3$)における9つの方程式との10元連立方程式を解き、 P_n, Q_n ($n=0, 1, 2, 3$)、 θ, ω の各パラメータを求める(ステップS150)。この連立方程式を解くには、ニュートン法などの手法を用いることができる。

【0028】プロジェクタ20から参照点を投影する際の誤差、及びカメラ30で撮影する際の誤差が、投影点座標および計測点座標の値には含まれている。このため、解が求まらない場合もあり、方程式が解けたかどうかチェックする必要がある(ステップS160)。もし、解が求まらない場合は、再計測するかどうかチェックし(ステップS170)、再計測するならばステップS110に戻る。もし適切な解が求まれば、配置パラメータを求めることができる(ステップS180)。最後に、その結果を保存する(ステップS190)。

【0029】この第1の具体例では、投影点座標と、対応する計測点座標の4点を計測し、3つのベクトルの回転対応から、各空間座標パラメータ、投影空間座標から撮影空間座標への回転行列を求めるように構成されているため、プロジェクタ20、カメラ30、投影平面40の各位置関係を算出できる。

【0030】この第1の具体例は、4点の投影点座標を、次のように選択することで、計算を容易化できる。まず、(A_0, B_0)を原点($0, 0$)とする。原点とは、プロジェクタ20の光軸上の点で、投影画像の拡大中心である。さらに、その他の3点を($W, 0$)、($0, H$)、(W, H)とし、幅 W 、高さ H の長方形の各頂点を選択する。このとき、式(2)は、以下に示す式(5)に、式(3) ($n=1, 2, 3$)は、以下に示す式(6)~(14)のようになる。

【0031】

(5)

$$\frac{1}{P_0} - \frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2} + \frac{1}{P_3} = 0 \quad \dots\dots (5)$$

【数5】

【0032】

【数6】

$$(Q_1 U_1 - Q_0 U_0) \cos \theta + (Q_1 - Q_0) F_c \sin \theta = 0 \quad \dots\dots (6)$$

【0033】

$$(Q_2 U_2 - Q_0 U_0) \cos \theta + (Q_2 - Q_0) F_c \sin \theta - P_2 W = 0 \quad \dots\dots (7)$$

【数7】

【0034】

$$(Q_3 U_3 - Q_0 U_0) \cos \theta + (Q_3 - Q_0) F_c \sin \theta - P_3 W = 0 \quad \dots\dots (8)$$

【数8】

【0035】

$$(Q_1 U_1 - Q_0 U_0) \sin \omega \sin \theta + (Q_1 V_1 - Q_0 V_0) \cos \omega - (Q_1 - Q_0) F_c \sin \omega \cos \theta - P_1 H = 0 \quad \dots\dots (9)$$

【数9】

【0036】

$$(Q_2 U_2 - Q_0 U_0) \sin \omega \sin \theta + (Q_2 V_2 - Q_0 V_0) \cos \omega - (Q_2 - Q_0) F_c \sin \omega \cos \theta = 0 \quad \dots\dots (10)$$

【数10】

【0037】

$$(Q_3 U_3 - Q_0 U_0) \sin \omega \sin \theta + (Q_3 V_3 - Q_0 V_0) \cos \omega - (Q_3 - Q_0) F_c \sin \omega \cos \theta - P_3 H = 0 \quad \dots\dots (11)$$

【数11】

【0038】

$$-(Q_1 U_1 - Q_0 U_0) \cos \omega \sin \theta + (Q_1 V_1 - Q_0 V_0) \sin \omega + (Q_1 - Q_0) F_c \cos \omega \cos \theta - (P_1 - P_0) F_p = 0 \quad \dots\dots (12)$$

【数12】

【0039】

$$-(Q_2 U_2 - Q_0 U_0) \cos \omega \sin \theta + (Q_2 V_2 - Q_0 V_0) \sin \omega + (Q_2 - Q_0) F_c \cos \omega \cos \theta - (P_2 - P_0) F_p = 0 \quad \dots\dots (13)$$

【数13】

【0040】

$$-(Q_3 U_3 - Q_0 U_0) \cos \omega \sin \theta + (Q_3 V_3 - Q_0 V_0) \sin \omega + (Q_3 - Q_0) F_c \cos \omega \cos \theta - (P_3 - P_0) F_p = 0 \quad \dots\dots (14)$$

【数14】

【0041】この10元連立方程式を解き、 P_n 、 Q_n ($n=0, 1, 2, 3$)、 θ 、 ω の各パラメータを求め、さらに、プロジェクタ、カメラ、投影平面の各位置関係を算出できる。

【0042】ステップS140の連立方程式の生成において、投影空間座標から撮影空間座標への座標変換を、回転行列 R と並進行列 (t_x, t_y, t_z) によって表せば、以下に示す式(15)のようになる。この場合、 $n=0, 1, 2, 3$ の4つの行列式となり、各成分について12の方程式となる。

【0043】

【数15】

$$\begin{pmatrix} P_n A_n \\ P_n B_n \\ P_n F_p \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} Q_n U_n \\ Q_n V_n \\ Q_n F_c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \quad \dots\dots (15)$$

【0044】式(2)とあわせての13元連立方程式を解き、 P_n 、 Q_n ($n=0, 1, 2, 3$)、 θ 、 ω 、 t_x 、 t_y 、 t_z の各パラメータを求めることも可能である。このとき、プロジェクタ、カメラ、投影平面の配置を直接算出できる。

【0045】また、この具体例では、4点の投影点座標と、対応する4点の計測点座標を使って、各点の空間座標への変換パラメータと、投影空間座標から撮影空間座標への回転座標変換のパラメータとを求めているが、回

転座標変換は、X軸まわりの回転を θ 、Y軸回りの回転を ω のみを計算しており、Z軸まわりの回転を0としていた。5点の投影及び撮影（計測）を行うことによって、パラメータは、 P_n 、 Q_n ($n=4$)とZ軸回りの回転 ω の3つ増えるが、更に3つの方程式を導き出せるので、各パラメータを求めることが可能である。

〔第2の具体例〕次に、本発明の第2の具体例について図3～図5を参照して詳細に説明する。

〔0046〕この第2の具体例は、図3に示すように、プログラム制御により動作するコンピュータ（中央処理装置；プロセッサ；データ処理装置）10と、プロジェクタ（投影機、投光装置）20と、カメラ30と、投影平面（スクリーン）40とから構成されている。コンピュータ10は、参照図形投影手段101と、投影平面撮影手段102と、配置パラメータ算出手段103と、投影画像補正手段104とを含む。

〔0047〕これらの手段は、それぞれ概略つぎのように動作する。

〔0048〕参照図形投影手段101では、プロジェクタ20より投影する参照図形に対応した画像を生成し、その画像をプロジェクタ20へ入力する。投影平面撮影

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} (P_1 B_1 - P_0 B_0) (P_2 - P_0) F_p - (P_2 B_2 - P_0 B_0) (P_1 - P_0) F_p \\ (P_2 A_2 - P_0 A_0) (P_1 - P_0) F_p - (P_1 A_1 - P_0 A_0) (P_2 - P_0) F_p \\ (P_1 A_1 - P_0 A_0) (P_2 B_2 - P_0 B_0) - (P_2 A_2 - P_0 A_0) (P_1 B_1 - P_0 B_0) \end{pmatrix} \cdots (16)$$

〔0053〕コンピュータ10は、投影平面の法線ベクトル \vec{n} と投影映像補正パラメータとの関係を表す対応データを保持しており、そのデータを使って、投影映像を補正する（ステップS220）。

〔0054〕具体的な補正手法を、図5を参照して詳細に説明する。

〔0055〕図5に示すように、プロジェクタレンズを中心としたプロジェクタ光軸を+x軸、右方向を+x軸、上方向+y軸とする仮定の投影シミュレーション空間を生成する。ここで、上記で求めたプロジェクタに対する投影平面の配置を使って、仮定の投影平面となる三次元形状を生成する。

〔0056〕次に、プロジェクタの投影視野角から投影平面上での投影範囲を求める。投影範囲は四角形になるが、この四角形に内接する、縦横比が補正元画像と同じ長方形を求める。長方形の各頂点に対して、図に示すようにテクスチャ座標(0, 0) (1, 0) (0, 1) (1, 1)を割り当て、補正元画像をテクスチャマッピングする。

〔0057〕次に、テクスチャマッピングされた仮定の投影平面を、仮定のプロジェクタの液晶パネルに透視変換することで、実際にプロジェクタの入力すべき画像を得ることができる。

〔0058〕このように、本発明に係わる投影平面計測

手段102では、投影平面40に投影された参照図形41をカメラ30で撮影し、これを画像データとしてコンピュータ10に取り込む。配置パラメータ算出手段103では、前述の画像データから、画像処理を用いて、参照図形41の参照点座標を抽出し、その参照点の投影画像中の座標と撮影画像中の座標との関係から、投影平面の配置パラメータを算出し、その配置パラメータから、投影映像の補正パラメータを求めて、投影映像を補正する。

〔0049〕次に、図3及び図4のフローチャートを参照して、第2の具体例の動作について詳細に説明する。

〔0050〕パラメータを算出する部分（ステップS110からステップS170）までの動作は、第1の具体例の動作と同様である。

〔0051〕この具体例では、算出したパラメータから投影平面40のプロジェクタ20に対する配置を求める（ステップS210）。投影平面の法線ベクトル \vec{n} は、以下に示す式(16)を使って求めることが可能である。

〔0052〕

〔数16〕

システムは、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面とから構成され、前記コンピュータは、参照図形を投影する手段と、前記投影平面上に投影された前記参照図形を撮影する手段と、投影した図形の座標と撮影した図形の座標との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを備えたことを特徴とするものであり、又、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより予め決めた座標の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点を前記カメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、4つ以上の前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、又、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより予め定められた4つ以上の m 個の異なる座標の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点をカメラで撮影し、 n 回目の投影で、 $(m-1)$ 番目の点を2進数表現したときの n ビット目が1のときに投影し、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係を求め、その関係から前記プロジェクタ

に対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、又、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより4つ以上の異なる座標で異なる色の参照点を前記投影平面上に投影し、前記投影平面上に投影された前記参照点の投影点をカメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、又、プログラム制御により動作するコンピュータと、プロジェクタと、カメラと、投影平面と、前記プロジェクタより4つ以上の異なる中心座標で異なる形状の重ならない図形を投影し、前記投影平面上に投影された前記図形を前記カメラで撮影した後、画像処理を用いてその座標を計測点として求め、前記投影点と前記計測点との関係から前記プロジェクタに対する投影平面の位置関係を算出する手段とを含むことを特徴とするものであり、又、前記投影平面の配置から投影画像を補正する手段を更に備えたことを特徴とするものである。

【0059】

【発明の効果】本発明の第1の効果は、プロジェクタとカメラとの位置関係を容易に検出できることにある。その理由は、投影平面が一様な平面であること、プロジェクタとカメラとが光軸回りに回転していないことの条件下で、プロジェクタより投影された4つの参照点と、カメラ画像中での4つの計測点との座標の関係から導き出せる方程式を使って、位置関係を表すパラメータを解くことができるからである。

【0060】又、第2の効果は、プロジェクタおよびカメラのキャリブレーションを行わずに、プロジェクタ映

像の歪みの補正を行うことができることにある。その理由は、プロジェクタとカメラが光軸回りに回転していないことの条件下で、プロジェクタより投影された4つの参照点と、カメラ画像中での4つの計測点との座標の関係から投影平面のプロジェクタに対する配置を求め、その配置に対応して補正パラメータを求めることのできるからである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の具体例の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の具体例の動作を示す流れ図である。

【図3】本発明の第2の具体例の構成を示すブロック図である。

【図4】第2の具体例の動作を示す流れ図である。

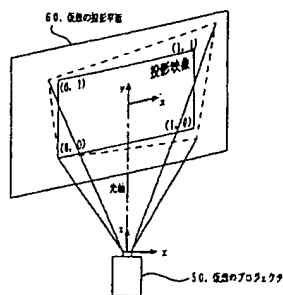
【図5】第2の具体例における投影映像の補正手法を説明する図である。

【図6】従来の技術を説明する図である。

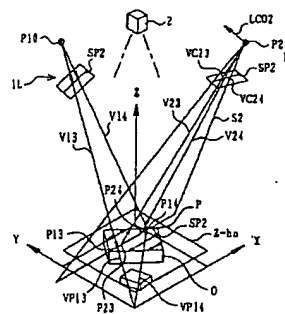
【符号の説明】

- 1 L、1 R、3 O CCDカメラ
- 2、20 プロジェクタ（投影機、投光装置）
- 10 コンピュータ（中央処理装置；プロセッサ；データ処理装置）
- 40 投影平面（スクリーン）
- 41 参照図形
- 50 仮想のプロジェクタ
- 60 仮想の投影平面
- 101 参照図形投影手段
- 102 投影平面撮影手段
- 103 配置パラメータ算出手段
- 104 投影画像補正手段（装置）

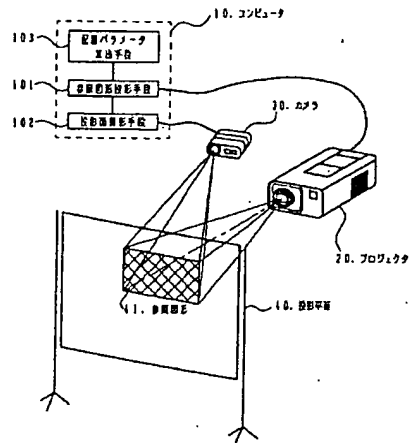
【図5】



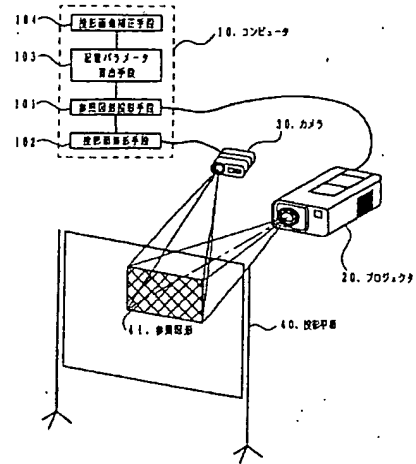
【図6】



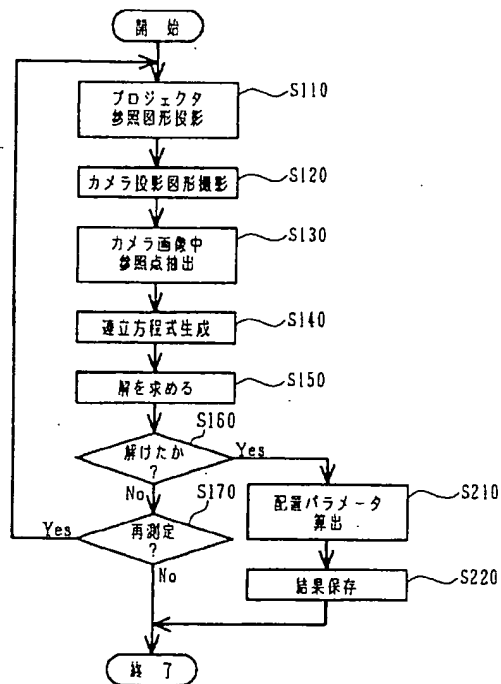
【図 1】



【図 3】



【図 2】



【図4】

